

## 明 細 書

### 電動パワーステアリング装置

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、電動モータの回転トルクを、該電動モータの出力軸に設けた駆動歯車及び操舵軸に設けた従動歯車で該操舵軸へ伝達する電動パワーステアリング装置に関する。

#### 背景技術

- [0002] 昨今の自動車用ステアリング装置においては、操舵補助機構として電動モータを活用した電動パワーステアリング装置が良く用いられている。電動パワーステアリング装置は、電動モータの回転トルクを、ウォームギヤを介して操舵軸へ伝達している。
- [0003] しかし、ウォームギヤは、回転トルクの伝達効率が60〜80%と比較的低いことから、減速比を不変とした場合、所定の回転トルクを伝達するためには出力トルクがより大きい電動モータが必要となる。したがって、結果的に電動モータの外径が大きくなり、ステアリング装置全体のコンパクト化が困難であるという問題点があった。そこで、電動モータの出力軸を操舵軸と略平行になるよう取り付け、回転トルクの伝達効率が比較的高い平歯車またははすば歯車を使用する減速機が考案されている。
- [0004] 平歯車またははすば歯車を減速機に使用した場合、回転トルクの伝達効率は約95%と比較的高くなることから、それだけ電動モータの出力トルクを減じることができ、電動モータの外形の肥大化を抑制することで、ステアリング装置全体をコンパクトにすることが可能となる。
- [0005] しかし、例えば平歯車を使用する減速機を用いる場合、電動モータの出力軸に設けられる歯車と、該歯車に噛合する操舵軸に取り付けられた歯車の1段構成で必要な減速比を得ようとする、操舵軸側歯車のピッチ円が大きくなり、ステアリング装置全体としてコンパクト化を図ることが困難であるという状況は改善されない。
- [0006] 一方、平歯車を用いた減速機として、1段構成の減速機ではなく、例えば中間ギヤを介在させた多段構成の減速機を用いる場合、ステアリング装置全体としてコンパクト化を図ることはできるが、バックラッシの増加による心地よい操舵フィーリングの減退

や、減速機の構造の複雑化に伴うコストアップが生じる等、新たな問題点が生じる。

[0007] 斯かる問題点を解決するために、例えば特許文献1では、高い減速比に設定された一对の平歯車、またははすば歯車で構成された減速機をハウジング内に収納し、電動モータを操舵軸が収納されるハウジングに近接して設けることで、電動モータ及び減速機を配置したステアリング装置全体をコンパクトにすることができる電動パワーステアリング装置が開示されている。

[0008] 特許文献1に開示されている電動パワーステアリング装置では、通常のインボリュート歯形では歯車の強度の確保が困難であることから、所定の特殊理論に基づいた歯形を用いることで、歯面強度を確保している。

特許文献1:特開平11-124045号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] しかし、特許文献1に開示されている特殊理論に基づいた歯形は、構造上実際に製造することは困難であり、量産工程において高品質の減速機を安定して供給することができるか否かが問題となる。すなわち、特殊理論に基づいた歯形を用いていることから、減速機の性能は歯車のアライメント誤差の影響を強く受けやすい。したがって、量産工程で高い加工精度及び組立精度が要求される。また、既存の製造設備では加工できない、加工精度の検査方法が確立されていない等、実際に量産工程に移行するには多くの課題が残されている。

[0010] 本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、一对の平歯車またははすば歯車で構成された場合であっても所定の減速比を実現し、簡易な構造で十分な歯車強度を確保することができる電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために第1発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動モータの回転トルクを、該電動モータの出力軸に設けた駆動歯車及び操舵軸に設けた従動歯車で該操舵軸へ伝達し、減速比が3以上である電動パワーステアリング装置において、前記操舵軸と前記電動モータの出力軸とが略平行に配置され、両軸の軸間距離は35mm以上90mm以下であり、前記駆動歯車は、歯数が6以上15以下、

モジュールが0.8以上1.5以下、歯丈がモジュールの2.4倍以下、圧力角が14.5度以上30度以下、振れ角が0度以上40度以下であることを特徴とする。

[0012] 第1発明に係る電動パワーステアリング装置では、操舵軸と電動モータの出力軸とが略平行である一対の歯車を用いることから、回転トルクの伝達効率が高く、ステアリング装置全体としてコンパクトに配置できる。また、上述した諸元寸法により、所定の特殊理論に基づいた歯形を用いることなく、通常の製造工程で製造可能な歯車を用いた場合であってもトロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚、及び歯面応力の適正値を確保することが可能となる。

[0013] また、第2発明に係る電動パワーステアリング装置は、第1発明において、前記駆動歯車及び前記従動歯車の一方、または両方の歯車で、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成したインボリュート歯車を用いることを特徴とする。

[0014] 第2発明に係る電動パワーステアリング装置では、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成したインボリュート歯車を用いることにより、最大トルク負荷時の歯元応力を軽減することができ、歯車の耐久性を確保することが可能となる。

[0015] また、第3発明に係る電動パワーステアリング装置は、第1または第2発明において、前記駆動歯車及び前記従動歯車の一方、または両方の歯車において、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュート歯車を用いることを特徴とする。

[0016] 第3発明に係る電動パワーステアリング装置では、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュート歯車を用いることから、歯面応力が緩和される。これにより、定格負荷条件下での連続運転を行う場合であっても、歯車の耐久性を確保することが可能となる。

### 発明の効果

[0017] 本発明によれば、操舵軸と電動モータの出力軸とが略平行である一対の歯車を用いることから、回転トルクの伝達効率が高く、全体としてコンパクトに配置された電動パワーステアリング装置とすることができる。また、上述した諸元寸法により、所定の特殊理論に基づいた歯形を用いることなく、トロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚、及

び歯面応力の適正値を確保することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]小歯車の歯数と小歯車のモジュールとの関係を示す図である。

[図3]小歯車の圧力角とトロコイド干渉クリアランス、及び歯先の歯幅との関係を示す図である。

[図4]小歯車の歯丈に対する歯面応力及び歯先の歯厚の関係を示す図である。

[図5]本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置に使用する減速機の歯面形状の説明図である。

### 符号の説明

- [0019]   1 減速機  
          5 大歯車(従動歯車)  
          6 小歯車(駆動歯車)  
          7 電動モータ  
          h 歯丈  
          m モジュール  
          L 軸間距離  
          Z 歯数  
           $\alpha$  圧力角

### 発明を実施するための最良の形態

[0020] 図1は本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す断面図である。図1に示すように、操舵部材4に作用する操舵トルクを入力軸12、トーションバー13、及び出力軸14で構成される操舵軸を介して操向車輪側に伝達するようになっていると共に、電動モータ7の回転トルクを、小歯車(駆動歯車)6及び大歯車(従動歯車)5からなる減速機1及び操舵軸の出力軸14を介して操向車輪側に伝達するようになっている。

[0021] 入力軸12は、操舵部材4に連結されており、操舵部材4に作用する操舵トルクを操

向車輪側に伝達するトルク伝達手段の一構成要素である。入力軸12は、一端側がベアリング(図示せず)を介して支持され、他端側がトーションバー13へ連結されている。

[0022] トーションバー13は、入力軸12と出力軸14とを連結すると共に、操舵トルクによってねじれ変形を生じ、これによって、入力軸12と出力軸14との間に相対的な回転角の変位を生じさせるようになっている。

[0023] 出力軸14は、一端側がベアリング11、11、...を介し支持され、他端側がトーションバー13へ連結されている。出力軸14は、トーションバー13からの操舵トルクを操向車輪側に伝達すると共に、減速機1から伝達された電動モータ7の回転トルクを操向車輪側に伝達する。これにより、入力軸12と出力軸14とは操舵トルクに応じて弾性的に相対回転可能かつ同軸心に連結される。

[0024] トルク検出機構15は、トーションバー13が操舵トルクによって捻られ、これによって生じる出力軸14と入力軸12との相対的な回転角の変位を検出することによって、操舵トルクを検出するようになっている。

[0025] 減速機1は、操舵軸の出力軸14に設けられた大歯車5と、電動モータ7の出力軸に設けられた小歯車6とを備えた平歯車またははすば歯車によって構成される。平歯車またははすば歯車を用いることにより、電動モータ7を操舵軸と略平行となるよう配置することができる。しかし、操舵軸と電動モータ7の出力軸との軸間距離 $L$ に応じて、電動モータ7の外形寸法にレイアウト上の物理的な制約が生じる。例えば、レイアウト上の制約より、電動モータ7の最大許容外形寸法が、直径73mm、高さ95mmとなった場合、操舵軸周りの操舵補助トルクとして35Nm以上の回転トルクを確保するため、定格トルクを4Nm、軸間距離 $L$ を55mmとして、減速比は10前後に設定される。

[0026] 図2は、操舵軸と電動モータ7の出力軸との軸間距離 $L$ を55mm、減速比を10、捩れ角 $\beta$ を25度とした場合の、小歯車6の歯数 $Z$ と小歯車6のモジュール $m$ との関係を示す図である。小歯車6のピッチ円の直径 $d(=Z \times m)$ は8-10mm程度であるが、歯数が極端に多い、または極端に少ない状況を回避すべく、歯数 $Z$ は6以上15以下、モジュール $m$ は0.8以上1.5以下が実用に耐える範囲である。

[0027] 次に、歯車の製造誤差と、定格負荷運転を実施する場合の歯車の歯の弾性変形

量を考慮し、トロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚を適正值とすべく圧力角  $\alpha$  を選定する。図3は、歯数  $Z$  が10、モジュール  $m$  が0.95であり、歯丈  $h$  がモジュール  $m$  の2.25倍である場合の、小歯車6の圧力角  $\alpha$  とトロコイド干渉クリアランス、及び歯先の歯幅との関係を示す図である。図3で丸印はトロコイド干渉クリアランスを、四角印は歯先の歯厚をモジュール値で除算した値を、夫々示す。

[0028] トロコイド干渉が発生するのを回避するためには、トロコイド干渉クリアランスは0.2mm以上必要である。図3に示すように、圧力角  $\alpha$  がJIS(日本工業規格)で標準値として定められている14.5度以上で35度以下である場合には、トロコイド干渉クリアランスは圧力角  $\alpha$  が23度以上の領域で0.2mm以上になるので、トロコイド干渉は発生しない。一方、歯先強度を確保するためには、歯先の歯厚はモジュール  $m$  の0.3倍以上必要である。図3に示すように、歯先の歯厚がモジュール  $m$  の0.3倍以上であるためには、圧力角  $\alpha$  は27度以下とする必要がある。なお、捩れ角  $\beta$  は0度以上40度以下が実用域である。

[0029] また、小歯車6及び大歯車5の材質として鋼材を用いる場合、補助回転トルクにより生じる小歯車6の歯に直角な方向の接線荷重  $P_n$  に対する歯面応力  $\sigma_H$  は、(数1)を用いて近似的に求めることができる。

[0030] [数1]

$$\sigma_H = \sqrt{0.35 \cdot E \cdot P_n \left[ \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \right] \frac{\cos^2 \beta_g}{N_b \cdot \varepsilon_s \cdot b \cdot d_b \cdot \sin \alpha_b}}$$

[0031] なお、(数1)において、 $E$ は歯車の材料(本実施の形態では鋼材)の縦弾性係数を、 $\varepsilon_s$ は歯車の正面噛合い率を、 $b$ は小歯車6の歯幅を、 $d_b$ は小歯車6の噛合いピッチ円直径を、 $\alpha_b$ は小歯車6の噛合い圧力角を、 $\beta_g$ は小歯車6の基礎円筒捩れ角を、 $Z_1$ は小歯車6の歯数を、 $Z_2$ は大歯車5の歯数を、 $N_b$ は歯幅の有効度を、それぞれ示している。

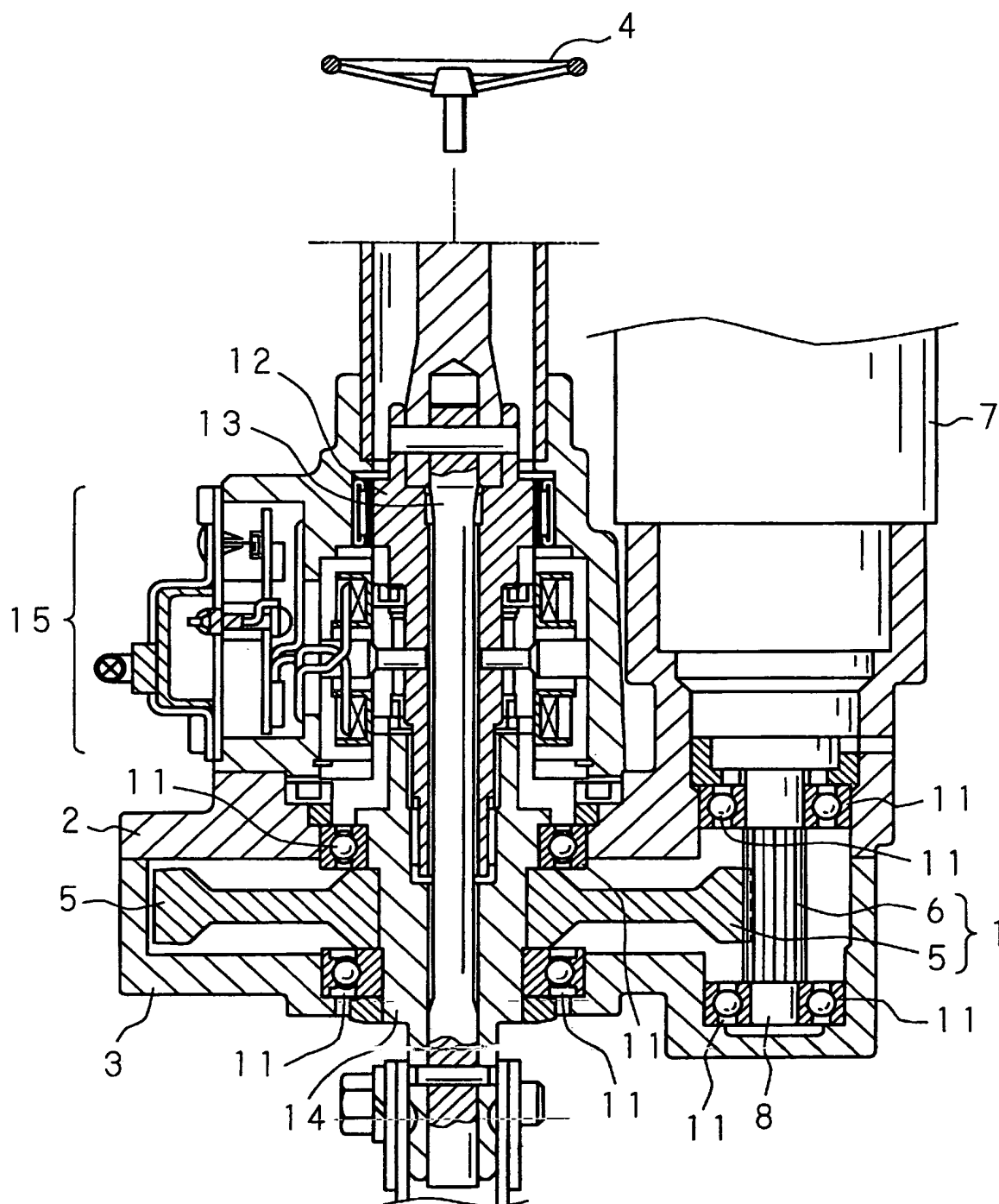
- [0032] 図4は、(数1)で、 $E$ を $206000\text{N/mm}^2$ 、 $P_n$ を $946\text{N}$ 、 $b$ を $14\text{mm}$ 、 $Z_1$ を $10$ 、 $Z_2$ を $9$ 、 $m$ を $0.95$ 、圧力角 $\alpha$ を $25$ 度、捩れ角 $\beta$ を $25$ 度、 $d_b$ を $10.308\text{mm}$ 、 $\alpha_b$ を $25.28$ 度、 $\beta_g$ を $22.521$ 度、 $N_b$ を $0.995$ とした場合の、小歯車6の歯丈 $h$ に対する歯面応力 $\sigma_s$ 及び歯先の歯厚の関係を示す図である。図4で丸印は歯面応力を、四角印は歯先の歯厚をモジュール値で除算した値を、夫々示す。
- [0033] 歯面応力 $\sigma_H$ の目標値を、自動車の動力伝達系歯車の設計上の閾値 $1760\text{N/mm}^2$ 以下とし、歯先の歯厚の目標値を、モジュール $m$ の $0.3$ 倍以上とした場合、図4からも明らかなように、歯丈 $h$ をモジュール $m$ の $2.4$ 倍以下とした場合に、両方の条件を同時に満たすことができる。
- [0034] 図5は、本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置に使用する減速機1の歯面形状の説明図である。歯元強度の低下を補うため、大歯車5もしくは小歯車6のいずれか、または一对の歯車の双方の歯面形状を図5に示す形態で形成する。図5では、小歯車6の歯面を縦横にメッシュ分割して示す。歯形方向は、歯先の圧力角が歯元の圧力角よりも大きくなるよう負の圧力角誤差を設け、相互の噛合い応力が増加する方向に、すなわち中央部分が凸となるよう歯面形状を形成する。また歯筋方向にはクラウニング処理を施し、歯筋方向にも中央部分が凸となるよう歯面形状を形成する。
- [0035] 斯かる歯面形状とすることで、減速機1に使用する小歯車6の歯面における接触応力の分布を、歯形方向及び歯筋方向に均等化することができ、歯面の偏磨耗を防止して歯元強度の不足を補い、耐久性の向上に寄与することが可能となる。

## 請求の範囲

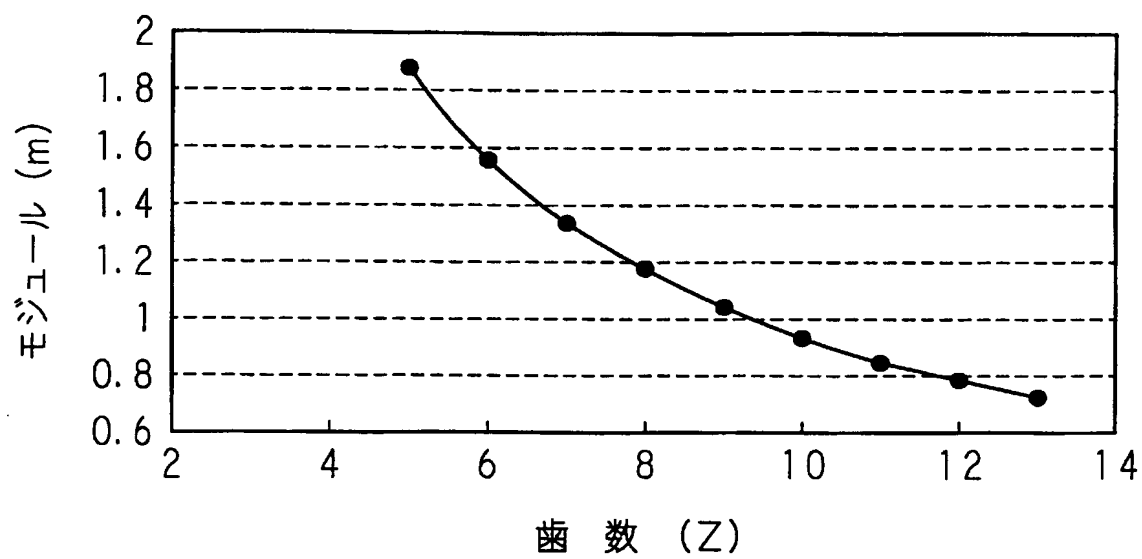
- [1] 電動モータの回転トルクを、該電動モータの出力軸に設けた駆動歯車及び操舵軸に設けた従動歯車で該操舵軸へ伝達し、減速比が3以上である電動パワーステアリング装置において、
- 前記操舵軸と前記電動モータの出力軸とが略平行に配置され、両軸の軸間距離は35mm以上90mm以下であり、
- 前記駆動歯車は、歯数が6以上15以下、モジュールが0.8以上1.5以下、歯丈がモジュールの2.4倍以下、圧力角が14.5度以上30度以下、振れ角が0度以上40度以下であることを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [2] 前記駆動歯車及び前記従動歯車の一方、または両方の歯車で、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成したインボリュート歯車を用いることを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。
- [3] 前記駆動歯車及び前記従動歯車の一方、または両方の歯車において、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュート歯車を用いることを特徴とする請求項1または2記載の電動パワーステアリング装置。



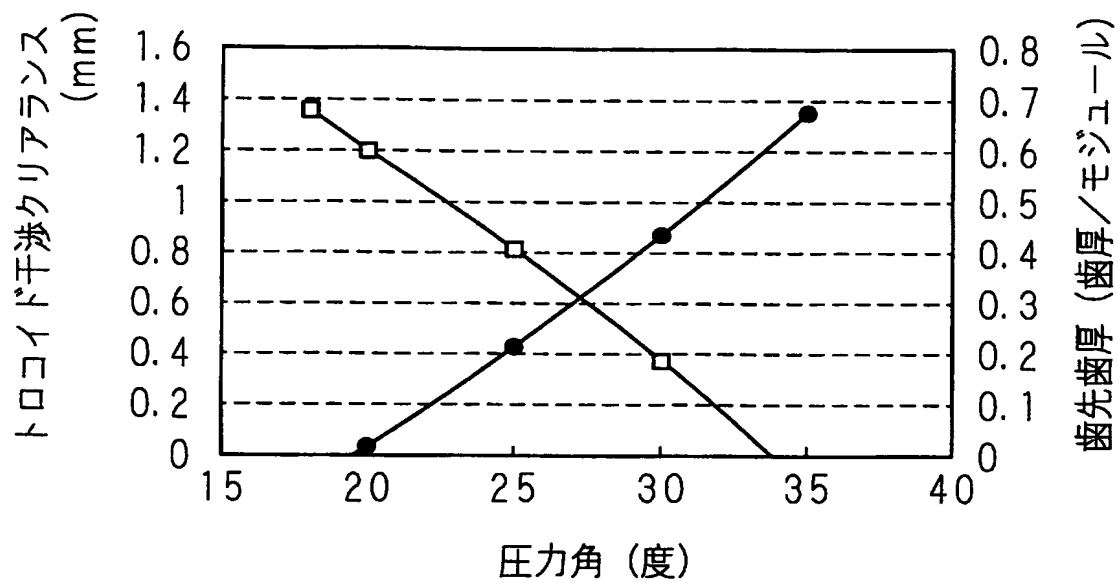
[図1]



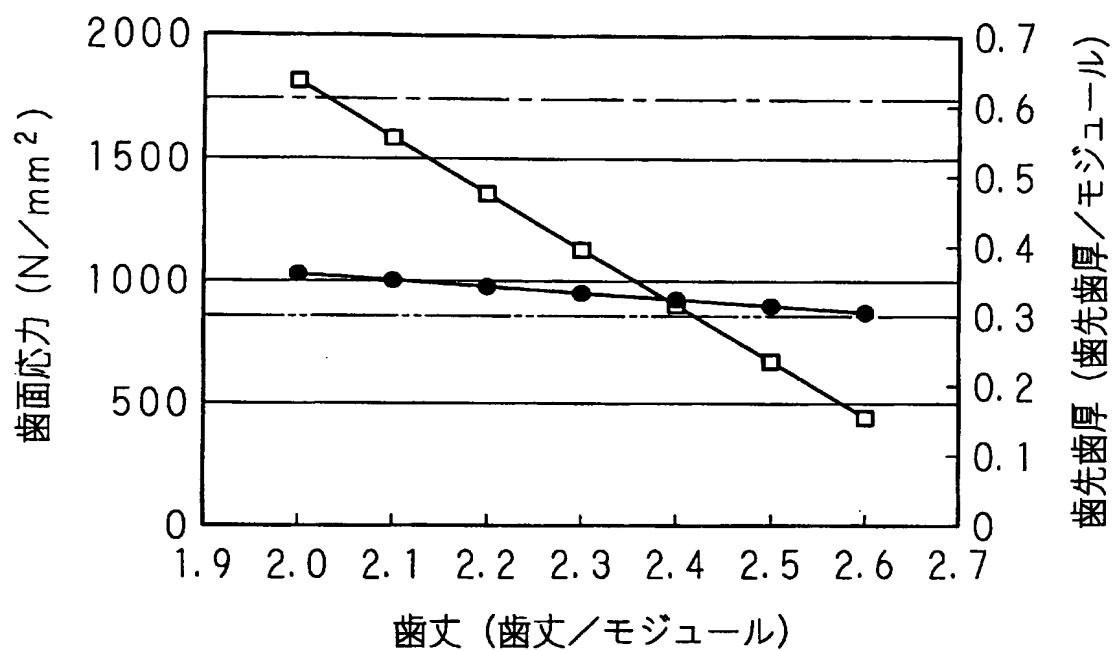
[図2]



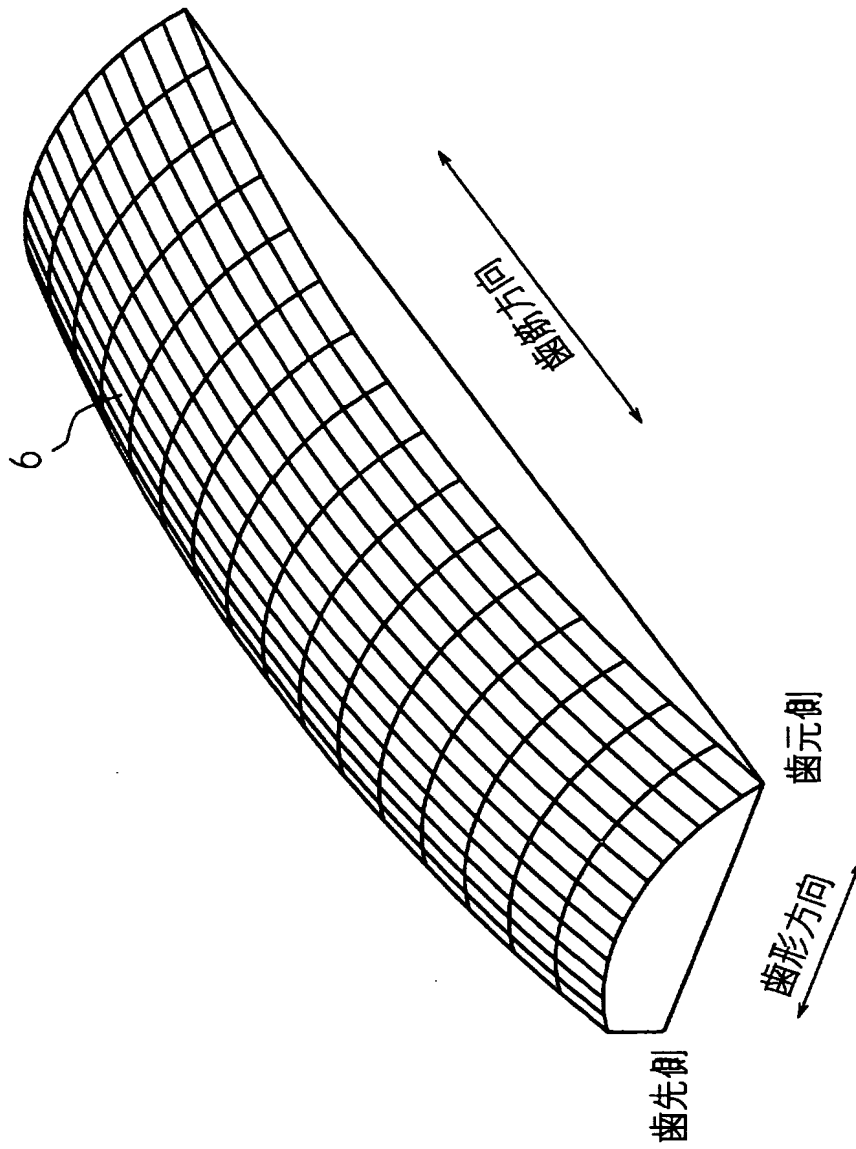
[図3]



[図4]



[図5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017790

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B62D5/04, F16H55/08, F16H55/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B62D5/04, F16H55/08, F16H55/17

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 140652/1986 (Laid-open No. 46281/1988) (Jidosha Kiki Co., Ltd.), 29 March, 1988 (29.03.88), Fig. 1 (Family: none)	1 2, 3
Y	JP 2001-271889 A (Kabushiki Kaisha Juken Kogyo), 05 October, 2001 (05.10.01), Par. No. [0004] (Family: none)	2, 3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
04 February, 2005 (04.02.05)Date of mailing of the international search report  
01 March, 2005 (01.03.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/017790

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5341699 A (Axicon Gear Co.), 30 August, 1994 (30.08.94), & EP 770194 A & WO 94/23224 A & JP 10-506172 A	1-3
A	JP 2000-130560 A (Fuji Kiko Co., Ltd.), 12 May, 2000 (12.05.00), (Family: none)	1-3
A	JP 2001-133343 A (Fuji Kiko Co., Ltd.), 18 May, 2001 (18.05.01), (Family: none)	1-3

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B62D5/04、F16H55/08、F16H55/17

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B62D5/04、F16H55/08、F16H55/17

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	日本国実用新案登録出願61-140652号 (日本国実用新案登録出願公開63-46281号) の願書に添付した明細書及び図面	1
Y	の内容を撮影したマイクロフィルム (自動車機器株式会社), 1988.03.29, 第1図 (ファミリーなし)	2, 3
Y	JP 2001-271889 A (株式会社樹研工業) 2001.10.05, 【0004】 (ファミリーなし)	2, 3
A	US 5341699 A (Axicon Gear Company) 1994.08.30, &EP 770194 A&WO 94/23224 A&JP 10-506172 A	1-3
A	JP 2000-130560 A (富士機工株式会社) 2000	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.02.2005

国際調査報告の発送日

01.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大谷謙仁

3Q

9433

電話番号 03-3581-1101 内線 3380



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	0. 05. 12, (ファミリーなし) J P 2001-133343 A (富士機工株式会社) 200 1. 05. 18, (ファミリーなし)	1-3